



全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试参考用书

网络工程师考试同步辅导

—— 考点串讲、真题详解与强化训练

全国计算机专业技术资格考试办公室推荐

乔正洪 徐卫军 陈海燕 主编



清华大学出版社

全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试参考用书

网络工程师考试同步辅导

—— 考点串讲、真题详解与强化训练

全国计算机专业技术资格考试办公室推荐

乔正洪 徐卫军 陈海燕 主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是按照最新颁布的全国计算机技术与软件专业技术资格(水平)考试大纲和指定教材而编写的考试用书。全书分为12章,内容包括:数据通信基础、局域网与城域网、广域网与接入网技术、互联网、网络操作系统与应用服务器配置、网络安全、组网技术、网络管理、网络规划与设计、计算机基础知识、计算机专业英语和考前模拟卷等内容。1~11章分为备考指南、考点串讲、真题详解和强化训练4大部分,以帮助读者明确考核要求,把握命题规律与特点,掌握考试要点和解题方法。

本书紧扣考试大纲,具有应试导向准确、考试要点突出、真题分析详尽、针对性强等特点,非常适合参加网络工程师考试的考生使用,也可作为高等院校或培训班的教材。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。
版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

网络工程师考试同步辅导——考点串讲、真题详解与强化训练/乔正洪,徐卫军,陈海燕主编. --北京:清华大学出版社,2011.5

(全国计算机技术与软件专业技术资格(水平)考试参考用书)

ISBN 978-7-302-25141-5

I. ①网… II. ①乔… ②徐… ③陈… III. ①计算机网络—工程技术人员—资格考试—自学参考资料
IV. ①TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第043755号

责任编辑:魏莹 桑任松

装帧设计:山鹰工作室

责任校对:王晖

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦A座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:清华大学印刷厂

装 订 者:三河市金元印装有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:31 字 数:743千字

版 次:2011年5月第1版 印 次:2011年5月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:56.00元

前 言

全国计算机技术与软件专业技术资格(水平)考试是我国国家人力资源和社会保障部、工业和信息化部领导下的国家考试,其目的是科学、公正地对全国计算机与软件专业技术人员进行职业资格、专业技术资格认定以及专业技术水平测试。它自实施起至今已经历了 20 多年,其权威性和严肃性得到了社会及用人单位的广泛认同,并为推动我国信息产业特别是软件产业的发展和提高各类 IT 人才的素质培养做出了积极的贡献。

为了更好地服务于考生,引导考生尽快掌握计算机的先进技术,并顺利通过程序员考试,我们将多年的培训辅导和真题阅卷经验进行了浓缩,结合最新考试大纲与计算机新技术的发展,并在深入剖析历年真题的基础上,组织编写了本书。

本书具有如下特色。

(1) 全面揭示命题特点。通过分析研究最近几年的考题,统计出各章所占的分值和考点的分布情况,引导考生把握命题规律。

(2) 突出严谨性与实用性。按照 2009 年最新考试大纲和《程序员教程(第 3 版)》编写,结构与官方教程同步,内容严谨,应试导向准确。

(3) 考点浓缩,重点突出。精心筛选考点,突出重点与难点,针对性强。同时对于考试中出现的而指定教材没有阐述的知识点进行了必要的补充。

(4) 例题典型,分析透彻。所选例题出自最新真题,内容权威,例题分析细致深入,解答准确完整,以帮助考生增强解题能力,突出实用性。

(5) 习题丰富,附有答案。每章提供了一定数量的习题供考生自测,并配有参考答案与解析,有利于考生巩固所学知识,提高解题能力。

(6) 全真试题实战演练。提供了两套考前模拟试卷供考生考前进行实战演练。试题题型、考点分布、题目难度与真题相当,便于考生熟悉考试方法、试题形式,全面了解试题的深度和广度。

本书特别适合参加计算机技术与软件专业技术资格(水平)考试的考生使用,也可作为相应培训班的教材,以及大、中专院校师生的教学参考书。

本书由乔正洪、徐卫军、陈海燕主编。此外,参与本书组织、编写和资料收集的还有云邈、何光明、王珊珊、葛武滇、严云洋、王宏华、张居晓、史国川、邓丽萍、陈科燕、李佐勇、陈智、吴涛涛、王程凌等,在此一并表示感谢。同时本书在编写过程中,还参考了许多相关的书籍和资料,在此也对这些参考文献的作者表示感谢。

由于作者水平有限,书中难免存在错漏和不妥之处,敬请读者批评指正。联系邮箱: iteditor@126.com。

编 者

目 录

第 1 章 数据通信基础	1	2.4.2 综合知识试题参考答案	47
1.1 备考指南	1	第 3 章 广域网与接入网技术	49
1.1.1 考纲要求	1	3.1 备考指南	49
1.1.2 考点统计	1	3.1.1 考纲要求	49
1.1.3 命题特点	2	3.1.2 考点统计	49
1.2 考点串讲	2	3.1.3 命题特点	50
1.2.1 信道特性	2	3.2 考点串讲	50
1.2.2 传输介质	3	3.2.1 公共交换电话网	50
1.2.3 数据编码	4	3.2.2 X.25 公用数据网	51
1.2.4 数字调制技术	6	3.2.3 帧中继网	55
1.2.5 脉冲编码调制	6	3.2.4 ISDN 和 ATM	57
1.2.6 通信方式和交换方式	7	3.2.5 接入网技术	60
1.2.7 多路复用技术	8	3.2.6 广域网互连技术	63
1.2.8 差错控制	10	3.3 真题详解	65
1.3 真题详解	11	3.3.1 综合知识试题	65
1.4 强化训练	17	3.3.2 案例分析试题	68
1.4.1 综合知识试题	17	3.4 强化训练	70
1.4.2 综合知识试题参考答案	19	3.4.1 综合知识试题	70
第 2 章 局域网与城域网	21	3.4.2 案例分析试题	71
2.1 备考指南	21	3.4.3 综合知识试题参考答案	72
2.1.1 考纲要求	21	3.4.4 案例分析试题参考答案	74
2.1.2 考点统计	21	第 4 章 互联网	75
2.1.3 命题特点	22	4.1 备考指南	75
2.2 考点串讲	22	4.1.1 考纲要求	75
2.2.1 局域网技术基础	22	4.1.2 考点统计	75
2.2.2 IEEE 802.3 标准	25	4.1.3 命题特点	76
2.2.3 虚拟局域网	29	4.2 考点串讲	76
2.2.4 局域网互联	33	4.2.1 网络互联设备	76
2.2.5 无线局域网	34	4.2.2 IP 协议	78
2.2.6 城域网	37	4.2.3 地址解析协议	84
2.3 真题详解	38	4.2.4 TCP 和 UDP	85
2.4 强化训练	46	4.2.5 网关协议	89
2.4.1 综合知识试题	46		

4.2.6	路由器技术.....	91	6.2	考点串讲.....	208
4.2.7	Internet 基本服务.....	94	6.2.1	网络安全的基本概念.....	208
4.3	真题详解.....	98	6.2.2	数据加密技术.....	209
4.3.1	综合知识试题.....	98	6.2.3	认证技术与数字签名.....	212
4.3.2	案例分析试题.....	113	6.2.4	虚拟专用网.....	216
4.4	强化训练.....	116	6.2.5	应用层安全协议.....	224
4.4.1	综合知识试题.....	116	6.2.6	防火墙的配置.....	226
4.4.2	案例分析试题.....	119	6.2.7	入侵检测.....	231
4.4.3	综合知识试题参考答案.....	119	6.2.8	病毒防护.....	233
4.4.4	案例分析试题参考答案.....	123	6.3	真题详解.....	233
第 5 章	网络操作系统与应用服务器的配置	125	6.3.1	综合知识试题.....	233
5.1	备考指南.....	125	6.3.2	案例分析试题.....	239
5.1.1	考纲要求.....	125	6.4	强化训练.....	247
5.1.2	考点统计.....	125	6.4.1	综合知识试题.....	247
5.1.3	命题特点.....	126	6.4.2	案例分析试题.....	249
5.2	考点串讲.....	126	6.4.3	综合知识试题参考答案.....	252
5.2.1	Windows Server 2003 的服务与基本配置.....	126	6.4.4	案例分析试题参考答案.....	254
5.2.2	Linux 操作系统的服务与基本配置.....	130	第 7 章	组网技术	257
5.2.3	Windows Server 2003 应用服务器的配置.....	136	7.1	备考指南.....	257
5.2.4	Linux 应用服务器的配置.....	150	7.1.1	考纲要求.....	257
5.3	真题详解.....	165	7.1.2	考点统计.....	257
5.3.1	综合知识试题.....	165	7.1.3	命题特点.....	258
5.3.2	案例分析试题.....	174	7.2	考点串讲.....	258
5.4	强化训练.....	193	7.2.1	交换机基础.....	258
5.4.1	综合知识试题.....	193	7.2.2	交换机的配置.....	260
5.4.2	案例分析试题.....	195	7.2.3	路由器基础.....	266
5.4.3	综合知识试题参考答案.....	200	7.2.4	路由器的配置.....	267
5.4.4	案例分析试题参考答案.....	202	7.2.5	配置广域网接入.....	272
第 6 章	网络安全	207	7.2.6	VPN 的配置.....	275
6.1	备考指南.....	207	7.2.7	IPv6 的配置.....	276
6.1.1	考纲要求.....	207	7.2.8	访问控制列表.....	277
6.1.2	考点统计.....	207	7.3	真题详解.....	279
6.1.3	命题特点.....	208	7.3.1	综合知识试题.....	279
			7.3.2	案例分析试题.....	284
			7.4	强化训练.....	294
			7.4.1	综合知识试题.....	294
			7.4.2	案例分析试题.....	295
			7.4.3	综合知识试题参考答案.....	299



7.4.4 案例分析试题参考答案.....	301	9.4.1 综合知识试题.....	366
第8章 网络管理	305	9.4.2 案例分析试题.....	367
8.1 备考指南.....	305	9.4.3 综合知识试题参考答案.....	369
8.1.1 考纲要求.....	305	9.4.4 案例分析试题参考答案.....	371
8.1.2 考点统计.....	305	第10章 计算机基础知识	373
8.1.3 命题特点.....	306	10.1 备考指南.....	373
8.2 考点串讲.....	306	10.1.1 考纲要求.....	373
8.2.1 网管系统的功能及构成.....	306	10.1.2 考点统计.....	374
8.2.2 网络管理协议.....	307	10.1.3 命题特点.....	374
8.2.3 网络诊断和配置命令.....	315	10.2 考点串讲.....	375
8.2.4 网络监视和管理工具.....	322	10.2.1 计算机硬件基础.....	375
8.2.5 网络存储技术.....	323	10.2.2 操作系统.....	382
8.3 真题详解.....	325	10.2.3 系统开发和运行基础.....	390
8.3.1 综合知识试题.....	325	10.2.4 标准化和信息化.....	397
8.3.2 案例分析试题.....	332	10.3 真题详解.....	400
8.4 强化训练.....	335	10.4 强化训练.....	412
8.4.1 综合知识试题.....	335	10.4.1 综合知识试题.....	412
8.4.2 案例分析试题.....	337	10.4.2 综合知识试题参考答案.....	416
8.4.3 综合知识试题参考答案.....	338	第11章 计算机专业英语	419
8.4.4 案例分析试题参考答案.....	340	11.1 备考指南.....	419
第9章 网络规划与设计	341	11.1.1 考纲要求.....	419
9.1 备考指南.....	341	11.1.2 考点统计.....	419
9.1.1 考纲要求.....	341	11.2 考点串讲.....	420
9.1.2 考点统计.....	341	11.2.1 计算机网络技术基本词汇.....	420
9.1.3 命题特点.....	342	11.2.2 专业英语试题分析.....	423
9.2 考点串讲.....	342	11.3 真题详解.....	424
9.2.1 结构化布线系统.....	342	11.4 强化训练.....	426
9.2.2 网络分析与设计过程.....	344	11.4.1 综合知识试题.....	426
9.2.3 网络需求分析.....	346	11.4.2 综合知识试题参考答案.....	428
9.2.4 通信流量分析.....	348	第12章 考前模拟卷	431
9.2.5 逻辑网络设计.....	348	12.1 考前模拟卷.....	431
9.2.6 网络结构设计.....	350	12.1.1 考前模拟卷1.....	431
9.2.7 网络故障诊断.....	353	12.1.2 考前模拟卷2.....	444
9.3 真题详解.....	356	12.2 参考答案与解析.....	456
9.3.1 综合知识试题.....	356	12.2.1 考前模拟卷1 参考答案 与解析.....	456
9.3.2 案例分析试题.....	361	12.2.2 考前模拟卷2 参考答案 与解析.....	470
9.4 强化训练.....	366		



第 1 章

数据通信基础

1.1 备考指南

1.1.1 考纲要求

根据考试大纲中相应的考核要求，在“数据通信基础”知识模块上，要求考生掌握以下方面的内容。

- (1) 信道特性。
- (2) 调制和编码，包括 ASK、FSK、PSK、QPSK、采样定理、PCM、编码。
- (3) 传输技术，包括通信方式(单工/半双工/全双工、串行/并行)、差错控制、同步控制、多路复用。
- (4) 传输介质，包括有线介质和无线介质。
- (5) 线路连接设备，包括调制解调器、DSU 和 DCU。
- (6) 物理层。

1.1.2 考点统计

“数据通信基础”知识模块，在历次网络工程师考试试卷中出现的考核知识点及分值分布情况如表 1.1 所示。

表 1.1 历年考点统计表

年 份	题 号	知 识 点	分 值
2010 年 下半年	上午: 11、14~17	传输介质光纤、曼彻斯特编码、数据传输速率、尼奎斯特采样定理、异步通信模式	5 分
	下午: 无	无	0 分

续表

年份	题号	知识点	分值
2010年 上半年	上午: 14~17	微波信道、同步数字系列、CRC 校验	4分
	下午: 无	无	0分
2009年 下半年	上午: 11~20	E1 载波、4B/5B 编码、曼彻斯特编码、调制方式和码元速率、传输速率与传输延迟	10分
	下午: 无	无	0分
2009年 上半年	上午: 11~12、 15~16、19~20	E 载波和 T 载波、曼彻斯特编码、PCM 编码、海明码校验	6分
	下午: 无	无	0分

1.1.3 命题特点

纵观历年试卷,本章知识点是以选择题的形式出现在试卷中。本章知识点在历次考试上午试卷中,所考查的题量大约为6道选择题,所占分值为6分(约占试卷总分值75分中的8%);在下午试卷中没有相关考题。本章考题主要检验考生是否理解相关的理论知识点,考试难度较低。

1.2 考点串讲

1.2.1 信道特性

一、信道带宽

1. 模拟信道带宽

模拟信道的带宽如图 1.1 所示。信道带宽 $W=f_2-f_1$, 其中, f_1 是信道能通过的最小频率, f_2 是信道能通过的最高频率, 两者都是由信道的物理特征决定的。为了使信号传输中的失真小些, 信道要有足够的带宽。

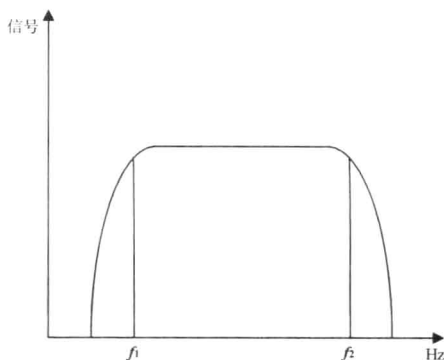


图 1.1 模拟信道的带宽



2. 码元、波特率、数据速率、数字信道带宽

一个数字脉冲称为一个码元，我们用码元速率表示单位时间内信号波形的变换次数，即单位时间内通过信道传输的码元个数。若信号码元宽度为 T 秒，则码元数速率 $B=1/T$ ，其单位为波特。码元速率也称波特率。若一无噪声信道的带宽为 W ，则该信道的极限波特率为 $B=2W$ (奈奎斯特定理)。码元携带的信息量 n (比特) 与码元的种类数 N 的关系为 $n=\log_2 N$ 。

单位时间内在信道上传送的信息量(比特数)称为数据速率，其单位为比特。数据速率也称比特率。无噪声的信道的极限数据速率为 $R=B\log_2 N=2W\log_2 N$ ，其中， W 为信道带宽。有噪声的信道的极限数据速率为

$$C=W\log_2\left(1+\frac{S}{N}\right) \quad (\text{香农定理})$$

其中： W 为信道带宽； S 为信号的平均功率； N 为噪声平均功率； S/N 称为信噪比。

数字信道的带宽为信道能够达到的最大数据速率。数字信道的带宽和模拟信道的带宽可以通过香农定理互相转换。

二、误码率、信道延迟

误码率表示传输二进制位时出现差错概率，其计算公式为 $P_c=N_c/N$ 。其中， N_c 为出错的位数， N 为传送的总位数。计算机通信一般要求误码率低于 10^{-6} ，即平均 1 兆位错 1 位。

信号在信道中传播，从源端到达宿端需要的时间称为信道延迟。网络不同，信道延迟对该网络应用产生的影响也不同。

1.2.2 传输介质

一、双绞线

双绞线由粗约 1 mm 的相互绝缘的一对铜导线绞扭在一起组成，对称均匀的绞扭可以减少线对之间的电磁干扰。双绞线大量应用在传统的电话系统中。双绞线分为屏蔽双绞线和非屏蔽双绞线。

二、同轴电缆

同轴电缆的芯线是铜质导线，外包一层绝缘材料，再外面是由细铜丝组成的网状导体，最外面加一层塑料保护膜，具有高带宽和较好的噪声抑制特性。局域网中常用的同轴电缆有两种：一种是特性阻抗为 $50\ \Omega$ ，用于传输数字信号，叫做基带同轴电缆；另一种是特性阻抗为 $75\ \Omega$ 的 CATV 电缆，用于传输模拟信号，叫做宽带同轴电缆。

三、光纤

光纤由能传送光波的超细玻璃纤维制成，外包一层比玻璃折射率低材料。进入光纤的光波在两种材料的界面上形成全反射，从而不断地向前传播。光纤分为多模光纤和单模光纤两种。在多模光纤中，光波以多种模式传播，不同的传播模式有不同的电磁场分布和不同的传播路径。在单模光纤中，光在其中无反射地沿直线传播。光纤的优点是具有很高的数据速率、极宽的频带、低误码率和低延迟，而且安全性和保密性好。

四、无线信道

微波通信系统可分为地面微波系统和卫星微波系统。微波通信的频段一般是 1~11 GHz, 具有带宽高、容量大、天线小、便于安装和移动的优点; 缺点是容易受到电磁干扰, 微波通信相互间也存在干扰, 微波信号容易被大气层中的雨雪吸收。另外, 在卫星微波系统中, 信号时延也比较大。

红外传输系统利用墙壁或屋顶反射红外线, 从而形成整个房间内的广播通信系统。其优点是设备相对便宜, 带宽高; 缺点是传输距离有限, 且易受室内空气状态的影响。

无线电短波通信使用甚高频和超高频的电视广播频段。其优点是通信设备比较便宜, 便于移动, 没有方向性; 缺点是容易受到电磁干扰和地形地貌的影响, 而且带宽比微波通信小。

1.2.3 数据编码

数据编码的方式很多, 主要有以下几种, 其中几种如图 1.2 所示。

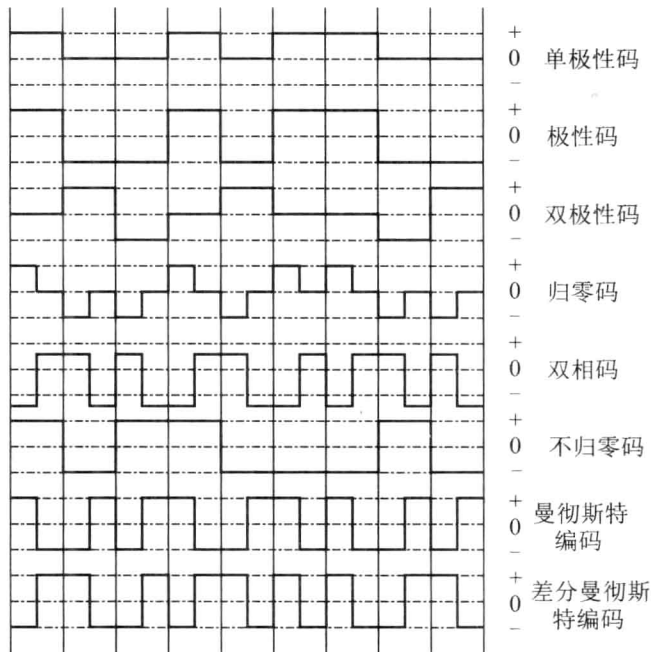


图 1.2 常用编码方案

1. 单极性码

在这种编码方案中, 只用正的(或负的)电压表示数据。在图 1.2 中用+3 V 表示二进制数字 0, 而用 0 V 表示二进制数字 1。单极性码用在电传打字机(TTY)接口以及 PC 和 TTY 兼容的接口中, 这种代码需要单独的时钟信号配合定时, 它的抗噪声特性也不好。

2. 极性码

在这种编码方案中, 分别用正和负电压表示二进制数 0 和 1。例如, 在图 1.2 中用+3 V 表示二进制数字 0, 而用-3 V 表示二进制数字 1。这种代码抗干扰特性好, 但仍然需要另外

的时钟信号。

3. 双极性码

在这种编码方案中,信号在3个电平(正、负、零)之间变化。一种典型的双极性码是信号交替反转编码(AMI)。在AMI信号中,数据流中遇到1时使电平在正和负之间交替翻转,而遇到0时则保持零电平。双极性是三进制信号编码方法,与二进制相比抗噪声特性更好。

4. 归零码

在归零码中,码元中间的信号回归到0电平,因此任意两个码元之间被0电平隔开。这种编码方案有较好的噪声抑制特性。图1.2中表示的是一种双极性归零码。可以看出,从正电平到零电平的转换边表示码元0,而从负电平到零电平的转换边表示码元1,同时每一位码元中间都有电平转换,从而使得这种编码成为自定时的编码。

5. 双相码

双相码要求每一位码元中都要有一个电平转换。这种代码是自定时的,同时也有检测错误的功能;如果某一位中间缺少了电平翻转,则被认为是错误代码。

6. 不归零码

图1.2中所示的不归零码的规律是当1出现时电平翻转,当0出现时电平不翻转。因而区别1和0的是电平是否翻转。这种代码也叫差分码,用在终端到调制解调器的接口中。这种代码不是自定时的。

7. 曼彻斯特编码

这种编码是一种双相码。图1.2中高电平到低电平的转换边表示0,而用低电平到高电平的转换边表示1,码元中间的电平转换边既表示数据代码,也作为定时信号使用。这种编码用在以太网中。

8. 差分曼彻斯特编码

这种编码也是一种双相码。这种编码的码元中间的电平转换边只作为定时信号,而不表示数据。数据的表示在于每一位开始处是否有电平转换:有电平转换表示0,无电平转换表示1。这种编码用在令牌环网中。

9. 多电平编码

这种编码的码元可取多个电平之一,每个码元可代表几个二进制位。例如,若表示码元的脉冲取4个电平之一,则一个码元可表示两个二进制位。

10. 4B/5B 编码

将欲发送的数据流每4位作为一个组,然后按照编码规则将其转换成相应的5位码。该编码属于自同步编码方式,为了保证接收端能提取同步时钟,编码规则保证:无论4位数据为何种组合(包括全部为0),所转换成5位码中至少有两个“1”,即保证在传输过程中码元至少发生两跳变,从而保证接收端同步时钟的提取。4B/5B编码能较好解决同步问题,同时具有检错功能,编码效率比较高,它用5位信号表示4位有效信息,因此编码效率为80%。若要达到100 Mb/s的速率,只需在线路上有125 M的波特率。快速以太网(100Base-T)和光纤分布式接口(FDDI)都是采用4B/5B编码方式。

1.2.4 数字调制技术

数字数据在传输中不仅可以用方波脉冲表示,也可以用模拟信号来表示。数字调制是指用数字数据调制模拟信号。它主要有三种基本的调制方法:调幅、调频、调相。

1. 调幅

调幅(也称幅度键控 ASK),将不同的数据信息 1 和 0 调制成不同幅度但相同频率的载波信号。

2. 调频

调频(也称频移键控 FSK),将不同的数据信息 1 和 0 调制成相同幅度但不同频率的载波信号。

3. 调相

调相(也称相移键控 PSK),利用相邻载波信号的相位变化值来表示相邻信号是否具有相同的数据信息值,此时的幅度和频率均保持不变。

4. 正交调幅

正交调幅(QAM)是一种十分成熟且应用广泛的调制技术。其基本方法是将发送数据流分为两路,分别对正弦载波和余弦载波进行数字调幅,然后相加传输。如果每路载波的幅度有 n 个不同幅度,则 QAM 信号的星座图上有 n^2 个状态点。这种方式的频谱利用率可以做得很高,设备也不太复杂。但是,当它的信号状态数很多时,则对信道的线性和非线性失真变得十分敏感,需要采用多种措施来对抗。

1.2.5 脉冲编码调制

脉冲编码调制(PCM)是一种数字化技术,用于将模拟数据变换为数字信号。变换的过程分为 3 个步骤:采样、量化和编码。

1. 采样

采样是指每隔一定时间间隔,取模拟信号的当前值作为样本,该样本代表了模拟信号在某一时刻的瞬时值。这样,就变连续的模拟信息为离散信号。采样技术依据尼奎斯特采样定理:如果采样速率大于模拟信号最高频率的两倍,则可以用得到的样本空间恢复原来的模拟信号。

2. 量化

量化的目的是确定采样出的模拟信号的数值。通过规定一定的量化级,对采样得到的模拟信号数值进行“取整”量化,从而得到离散信号的具体数值。量化级越高,表示离散信号的值精度越高。

3. 编码

编码是将量化后的样本值变成相应的二进制代码。通常,当量化级为 N 时,二进制位数为 $\log_2 N$ 。

例如,对声音数字化时,由于话音的最高频率是4 kHz,所以采样速率是8 kHz。对话音样本用128个等级量化,因而每个样本用7位二进制数字表示。在数字信道上传输的速率是 $7 \times 8000 = 56 \text{ Kb/s}$ 。

1.2.6 通信方式和交换方式

一、数据通信方式

1. 按通信方向分

按数据传输的方向分,数据通信有3种不同的通信方式:单工、半双工和全双工。

1) 单工

此方式下信道上的信息只能向一个方向传送,发送方不能接收,接收方也不能发送。例如,无线电广播和电视广播。

2) 半双工

此方式下通信的双方可交替发送和接收信息,但不能同时发送和接收。在一段时间内,信道的全部带宽用于一个方向上传送信息。例如,对讲机通信。

3) 全双工

此方式下可同时进行双向信息的传送,要求通信双方都有发送和接收设备。例如,电话通信。

2. 按同步方式分

在传送由多个码元组成的字符以及由许多字符组成的数据块时,通信双方要就信息的起止时间取得一致。这种同步作用有两种不同的方式,也对应了两种不同的传输方式:同步传输和异步传输。

1) 同步传输

同步传输适合传输连续的数据块。在这种方式下,发送方在发送数据前先发送一串同步字符 SYNC;接收方只要检测到连续两个以上 SYNC 字符就确认已进入同步状态,准备接收信息。随后的传送过程中双方以同一频率工作(信号编码的定时作用也表现在这里),直到传送完指示数据结束的控制字符。

2) 异步传输

异步传输即把各个字符分开传输,字符之间插入同步信息。这种方式也称起止式,即在字符的前后分别插入起始位(“0”)和停止位(“1”)。起始位对接收方的时钟起置位作用。停止位告诉接收方该字符传送结束,然后接收方就可以检测后续字符的起始位。当没有字符传送时,连续传送停止位。

二、交换方式

通信网络由许多交换节点互联而成,交换节点转发信息的方式可分为电路交换、报文交换和分组交换等。

1. 电路交换

这种交换方式用物理线路把发送方和接收方直接连通。类似于电话系统,此方式下的数据通信希望通信的计算机之间必须事先建立物理线路。整个电路交换的过程包括建立线

路、占用线路并进行数据传输、释放线路3个阶段。

(1) 建立线路:发送方向接收方发送一个请求,该请求通过中间节点传输至终点,如果中间节点有空闲的物理线路可用,则接收请求,分配线路,并将请求传输给下一个中间节点。整个过程持续进行,直至终点。线路一旦被分配,在未释放之前,其他站点将无法使用。

(2) 数据传输:在已经建立的物理线路上,发送方和接收方进行数据传输。

(3) 释放线路:当数据传输完毕,执行释放线路的动作。线路被释放之后,进入空闲状态,可供其他站点通信使用。

电路交换的优点是独占性、实时性好,适合传输大量的数据。

2. 报文交换

报文交换也称存储-转发交换。这种方式不要求在两个通信节点之间建立专用线路。节点把要发送的信息组织成一个数据包——报文,该报文中含有目标节点的地址,完整的报文在网络中一站一站地向前传送。每一个节点接收整个报文,检查目标节点的地址,然后根据网络中的交通情况在适当的时候转发到下一个节点。经过多次的存储-转发,最后到达目标节点。其中的交换节点要有足够大的存储空间,用以缓冲收到的长报文。交换节点对各个方向上收到的报文排队,并寻找下一个转发节点,然后再转发出去,这些都带来了排队等待延迟。

报文交换的优点是不建立专用线路,线路利用率较高;缺点是有通信时延。

3. 分组交换

分组交换技术类似报文交换,只是它规定了交换设备处理和传输的数据长度(称为分组)。通常,分组的长度远小于报文交换中规定的报文长度。进行分组交换时,发送节点先对传送的信息分组,再对各个分组编号,加上源地址和目标地址以及约定的分组头信息。一次通信中的所有分组在网络中传播又有两种方式:数据报和虚电路。

1) 数据报

数据报类似于报文交换,每个分组都有完整的地址信息,不出意外的话都可以到达目的地,但是到达顺序可能与发送顺序不一致,因此目标主机必须对收到的分组重新排序。这就需要在发送端有分组拆装设备对信息进行分组和编号,而在接收端需要分组拆装设备对收到的分组去头去尾并重新排序。数据报方式适合于单向地传送短消息。

2) 虚电路

虚电路类似于电路交换,要求在发送端和接收端之间建立一条逻辑连接,发送端发出的分组都走这一条通路,接收方要对正确收到的分组给予回答确认,直到会话结束,拆除连接。逻辑连接的建立不意味着别的通信不能使用这条线路,仍然可以共享。虚电路适合于交互式通信。

1.2.7 多路复用技术

多路复用技术是把多个低速信道组合成一个高速信道的技术。这种技术要用到两个设备:多路复用器和多路分配器。多路复用器(Multiplexer),在发送端根据某种约定的规则把多个低带宽的信号复合成一个高带宽的信号;多路分配器(Demultiplexer),在接收端根据统一规则把高带宽信号分解成多个低带宽的信号。多路复用器和多路分配器统称为多路器,简称为MUX。



多路复用技术主要分为 4 类：频分多路复用、时分多路复用、波分多路复用和码分多路复用。

1. 频分多路复用

频分多路复用(FDM)是在一条传输介质上使用多个频率不同的模拟载波信号进行多路传输。该技术对整个物理信道的可用带宽进行分割，利用载波调制技术实现原始信号的频谱迁移，使得多路信号在整个物理信道带宽允许的范围内实现频谱上的不重叠，从而共用一个信道。为了防止相互干扰，子信道间留有一定宽度的隔离频带。

2. 时分多路复用

时分多路复用(TDM)用于数字信道的复用。当物理信道可支持的位传输速率超过单个原始信号要求的数据传输速率时，可以将该物理信道划分成若干时间片，并将各个时间片轮流分配给多路信号，使得它们在时间上不重叠。时间片的宽度可以容纳一位、一个字节或一个固定大小的数据块。

3. 波分多路复用

波分多路复用(WDM)用在光纤通信中，不同的子信道用不同波长的光波承载，多路复用信道同时传送所有子信道的波长。因此要使用能够对光波进行分解和合成的多路器。

4. 码分多路复用

码分多路复用(CDMA)也叫码分多址，是一种扩频多址的数字通信技术。在 CDMA 系统中，每个移动站都有相互正交的一个码片(Chip)，当发送码片序列表示 1，当发送码片序列的反码表示 0。其典型的应用是目前流行的 3G 技术。

5. 数字传输系统

1) T1 载波

T1 载波在北美和日本广泛使用。它把 24 路按时分多路的原理复合在一条 1.544 Mb/s 的高速信道上。每路话音信道有 7 位数据位和一个信令位，周期为 125 μ s，因此 24 路话音信道可容纳 $8 \times 24 = 192$ 位长的数字串。这 192 位数字组成一帧，最后再加入一个帧同步位，故帧长为 193 位。每 125 μ s 传送一帧，这样，对每一路话音信道来说，传输数据的速率为 $7 \text{ b}/125 \mu\text{s} = 56 \text{ Kb/s}$ ，传输控制信息的速率为 $1 \text{ b}/125 \mu\text{s} = 8 \text{ Kb/s}$ ，总的速率为 $193 \text{ b}/125 \mu\text{s} = 1.544 \text{ Mb/s}$ 。

2) E1 载波

E1 载波在北美和日本以外的国家中使用(欧洲标准)。国际电报电话咨询委员会(CCITT)于 1993 年后改为 ITU-T，建议了一种 PCM 传输标准，称为 E1 载波。该载波把一个时分复用帧(其长度 $T=125 \mu\text{s}$)共划分为 32 个相等的时间隙，每个时间隙 8 位，时间隙的编号为 CH0~CH31，其中时间隙 CH0 用作帧同步，时间隙 CH16 用来传送信令，其他 30 个时间隙用作 30 个话路。E1 信道的传输速率为： $8 \times 32 \text{ b} \div 125 \mu\text{s} = 2.048 \text{ Mb/s}$ 。

E2 载波由 4 个 E1 载波组成，数据速率为 8.448 Mb/s；E3 载波由 4 个 E2 载波组成，数据速率为 34.368 Mb/s；E4 载波由 4 个 E3 载波组成，数据速率为 139.24 Mb/s；E5 载波由 4 个 E4 载波组成，数据速率为 565.148 Mb/s。

6. 同步数字系列

光纤线路的多路复用标准有两个：美国标准 SONET 和国际标准 SDH。



1) 同步光纤网 SONET

SONET 的各级时钟都来自一个非常精确的主时钟。SONET 定义了同步传输的线路速率的等级结构,其传输速率以 51.840 Mb/s 为基础。此速率对于电信号称为第 1 级同步传送信号,即 STS-1;对于光信号则称为第 1 级光载波,即 OC-1。

2) 同步数字系列 SDH

ITU-T 以美国标准 SONET 为基础,制定出国际标准同步数字系列 SDH。一般可认为 SDH 与 SONET 是同义词。SDH 的基本速率为 155.52 Mb/s,称为第 1 级同步传递模块(Synchronous Transfer Module),即 STM-1,相当于 SONET 体系中的 OC-3 速率。

1.2.8 差错控制

通信系统必须考虑如何发现和纠正信号传输中的差错。通信过程中出现的差错可大致分为两类:一类是由热噪声引起的随机错误,另一类是由冲击噪声引起的突发错误。这里介绍三种常用的差错控制技术。

1. 奇偶校验

奇偶校验是最常用的检错方法,包括:水平奇偶校验码、垂直奇偶校验码和水平垂直奇偶校验码。

1) 水平奇偶校验码

水平奇偶校验码也称字符校验码,是在 7 单位的 ASCII 代码后增加一位,使码字中“1”的个数成奇数(奇校验)或偶数(偶校验)。经过传输后,如果其中一位出错,则接收端按同样的规则就能发现错误。CCITT 规定,异步传输方式中采用偶校验,同步传输方式中采用奇校验。

2) 垂直奇偶校验码

垂直奇偶校验码也称组校验,它将被传输的信息进行分组,并排列为若干行和列。组中每个字符的相同位进行奇偶校验,最终产生由校验位形成的校验字符,并附加在信息分组之后传输。

3) 水平垂直奇偶校验码

水平垂直奇偶校验码也称方阵校验,是在水平校验的基础上实施垂直校验。此时,为了保证随后一位的正确填充,水平垂直奇偶校验应采用偶校验。

2. 海明码

1950 年,海明研究了用冗余数据位来检测和纠正代码差错的理论和方法。按照海明的理论,可以在数据代码上添加若干冗余位组成码字。码字之间的海明距离是一个码字要变成另一个码字时必须改变的最小位数。例如,7 单位 ASCII 码增加一位奇偶位成为 8 位的码字,这 128 个 8 位的码字之间的海明距离是 2。所以,当其中 1 位出错便能检测出来。两位出错时就变成另一个码字。如果任意码字之间的海明距离是 d ,则所有少于等于 $d-1$ 位的错误都可以检查出来,所有少于 $d/2$ 位的错误都可以纠正。对于某种长度的错误串,要纠正它就要用比仅仅检测它多一倍的冗余位。

3. 循环冗余校验码

循环冗余校验码(CRC)是一种循环码,其特征是信息字段和校验字段的长度可以任意选